第39卷 第2期
1996年 5月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol.39, No.2
May, 1996

蓖麻蚕雄蛾触角的嗅觉感受细胞对性信息素各组分的反应*

吴才宏 刘启渊**

（北京大学生命科学学院 北京 100871）

摘要 本文用单个嗅觉感受细胞电反应的记录方法，测定了蓖麻蚕 *Philosamia cynthia ricini*) 雄蛾触角的毛形感器对其性信息素组分及雌蛾腹部性腺提取物的反应。发现反-4，反-6，顺-11-十六碳三烯醛和反-4，反-6，顺-11-十六碳三烯乙酸酯能引起反应。对前者发放大脉冲，对后者发放小脉冲，对雌蛾腹部提取物发放大、小两种脉冲，但以大脉冲为主。选择性适应试验表明，蓖麻蚕雄蛾触角的毛形感器中存在两种不同类型的嗅觉感受细胞。

关键词 蓖麻蚕，毛形感器，单细胞记录，性信息素，选择性适应

蓖麻蚕 *Philosamia cynthia ricini* 雌蛾释放的性信息素系统组分的化学结构已被鉴定，有两个组分：反-4，反-6，顺-11-十六碳三烯醛(E-4, E-6, Z-11-16: Al)和反-4，反-6，顺-11-十六碳三烯乙酸酯(E-4, E-6, Z-11-16: Ac)[1]; Tomida 和 Ishii[2]，孟联忠及 Tomida 等人分别用电生理学方法记录蓖麻蚕雄蛾触角对反-6，顺-11-十六碳二烯醛(E-6, Z-11-16: Al)及其异构体的电反应[3,4,5]。本文用单个感器记录的方法，记录嗅觉感受细胞对性信息素系统组分的反应，并用选择性适应的方法确定嗅觉感受细胞的类型。

1 材料和方法

本研究所用的蓖麻蚕蛹由河北省蚕业科学研究所提供。雌雄分离的休眠蛹保存在4℃左右的冰箱中，以解除滞育。实验所用的蛹从冰箱取出后逐级升温，在22℃室温下，保存在铺有潮湿滤纸的容器内，光暗周期为14:10，若干天后即羽化成蛾，取羽化后第3～5d 的雄蛾作为实验材料。

单个感器电反应记录方法参照 Kaissling 等报道的方法[6]，取离体触角的一个侧支，用一特制的镊子切去一根或几根嗅觉毛的尖端，记录电极套在切去尖端的嗅觉毛上，以保持良好的电接触；参考电极插入侧支的基部，玻璃微电极内灌以鳞翅目昆虫的任氏溶液，用银-氯化银丝作引导。为防止电极内电介液外渗，在电极尖端周围涂以少许凡

* 国家自然科学基金资助项目

** 福建医学院

1994-04-08 收稿，1995-05-23 收修改稿

士林，并在电极尖端吸入少许PVP（1g聚乙烯吡咯烷酮溶于5 mL生理溶液之中）。前置放大器的输入阻抗高于10MΩ，高通滤波的通频带宽为40Hz ～ 3KHz，得到AC耦合的动作电位；低通滤波的通频带宽为0 ～ 40 Hz，得到DC耦合的感受器电位。

用作气味刺激的合成性信息素化合物由联邦德国H. J. Bestmann教授提供。气味化合物用重蒸正已烷稀释，刺激化合物的浓度从10^{-3} ～ $10^{1}\mu g$以10倍之差配成5个级差，用微量注射器各取20 μL 稀释液，滴在样品管内的滤纸上，滤纸面积为15 mm × 7 mm。样品管一端磨口，连接气流系统，每种浓度样品取20μL滴在滤纸上，滤纸放在玻璃管内，出口对准触角，与触角相距5 cm。气流量为每秒100 mL。由气流分配仪控制刺激期间，每次刺激期间为1 s，两次相邻刺激间隔不小于2 min，间隙期间通以新鲜气流，以减少气味分子残留在触角侧支的周围。为比较不同化合物的效应，确定能在1次气味刺激后引发10 ～ 20个神经脉冲的反应为标准反应，此类刺激称为有效刺激。

雌蛾置于14:10光暗周期的养虫室内，取羽化后第3 ～ 5 d处于召唤期的雌蛾，挤压腹部，腺体伸出体外，剪下伸出体外部分，取腹部第8 ～ 9节的节间膜，在30μL的正己烷中浸泡5 min，吸取20 μL滴在样品管内的滤纸上以备用。

2 结 果

本研究用单细胞记录的方法，对15个蓖麻蚕的雄蛾触角，随机测定了45个毛形感

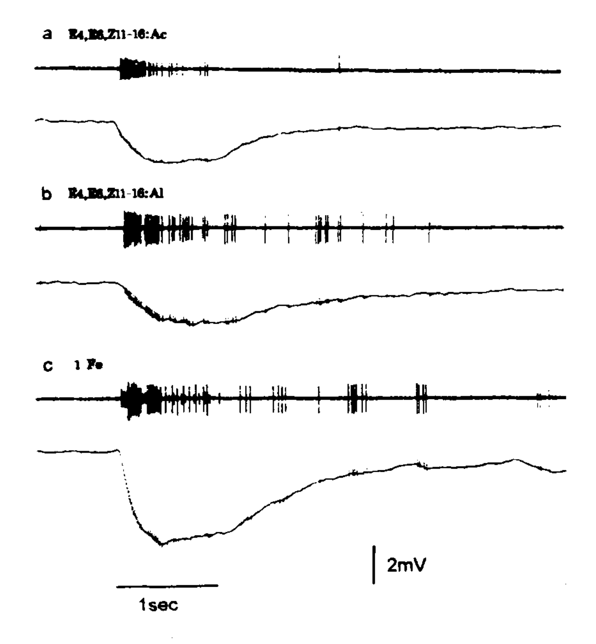


图1 嗅觉感受细胞对合成性信息素化合物及雌蛾性腺提取物的反应

a. AC－细胞对$10^{-1}\mu g$的E－4，E－6，Z－11－16: Ac的反应，上线为AC偶合的嗅觉感受细胞的动作电位；下线为感受器电位； b. AL－细胞对$10^{-3}\mu g$的E4，E－6，Z－11－16: Al的反应。

c. 两种不同类型的嗅觉感受细胞对雌蛾性腺提取物的反应

器的电反应，其中有 42 个对 $10^{-3}\mu g$ 的E－4, E－6, Z－11－16: Al 有反应，能引发感受器电位和振幅较大的神经脉冲；有 3 个毛形感器对 $10^{-1}\mu g$ 的 E－4, E－6, Z－11－16: Ac 有反应，能引发感受器电位和振幅较小的神经脉冲。雌蛾腺体提取物能引发感受器电位和两种不同大小振幅的神经脉冲，以振幅较大的为主，如图 1 所示。

在一定的气味刺激剂量范围内，感受器电位的幅度和神经脉冲的频率随刺激剂量的加大而增加，如图 2 所示。

为了确定对性信息素系统组分 E－4, E－6, Z－11－16: Al 及 E－4, E－6, Z－11－16: Ac 的反应是产生于同一个嗅觉感受细胞还是两种不同类型的嗅觉感受细胞，用选择性适应试验加以证明[7]。刺激的程序是先给一个条件刺激，紧接着再给一个试验刺激，两

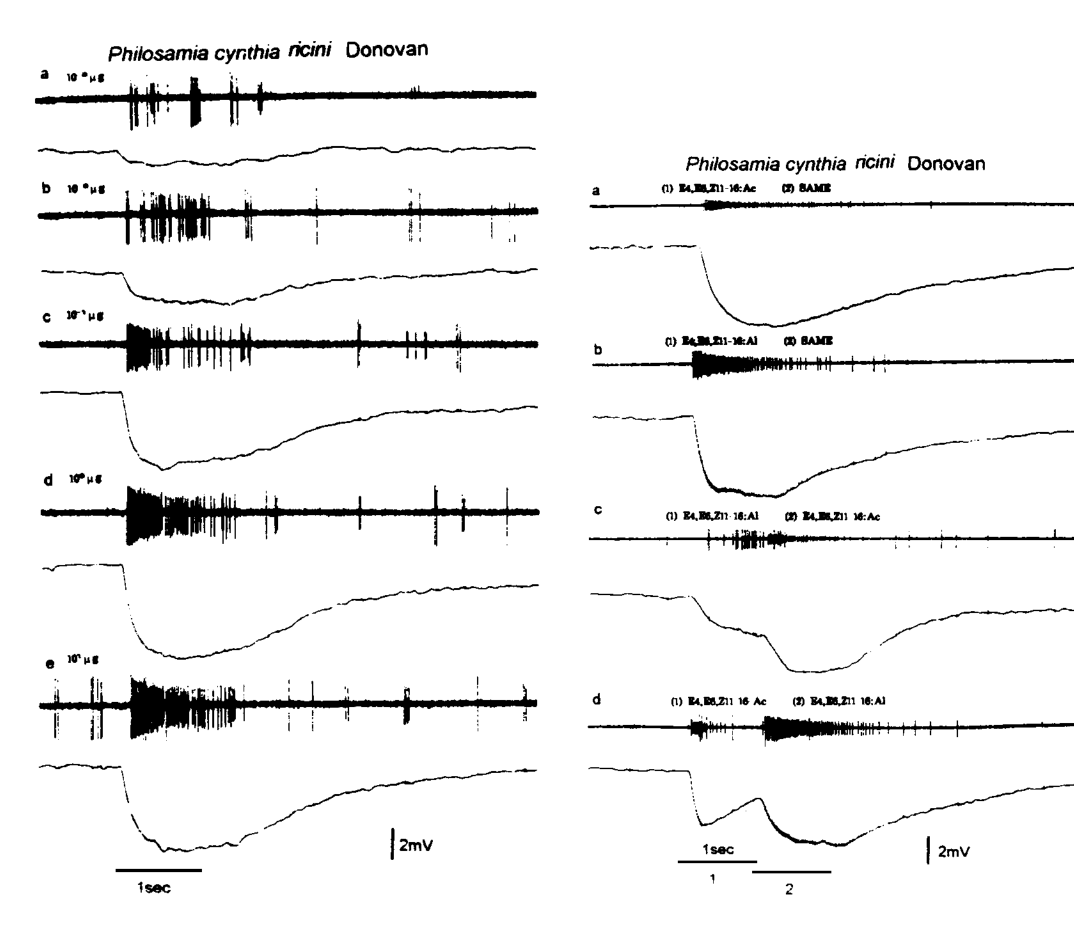


图 2　AL－细胞对不同剂量的 E－4, E－6, Z－11－16: Al 的反应

上线为神经脉冲下线为感受器电位，底部黑线为气味刺激标记。 a～ e 的气味刺激剂量从 $10^{-3}\mu g$ 开始，以 10 倍的级差递增至 $10^{1}\mu g$。

图 3　嗅觉感受细胞的选择性适应试验

(1) 为条件刺激，(2) 为试验刺激. a 刺激(1)与(2)的气味化合物均为 $10^{-1}\mu g$ 的 E－4, E－6, Z－11－16: Ac; b. 刺激(1)与(2)的气味化合物均为 $10^{-3}\mu g$ 的 E－4, E－6, Z－11－16: Al; c. 刺激(1)为 $10^{-3}\mu g$ 的 E－4, E－6, Z－11－16: Al, (2) 为 $10^{-1}\mu g$ 的 E－4, E－6, Z－11－16: Ac; d. 刺激(1)与(2)的气味化合物前后倒置

次刺激的持续期均为 1s，中间无时间空隙。若条件刺激与试验刺激的气味化合物为同种化合物，那么由于嗅觉感受细胞对条件刺激的气味化合物产生适应，对试验刺激产生的反应就很小或无反应，对前后两次刺激产生的感受器电位呈融合状态，对试验刺激不产生排放性神经脉冲。若条件刺激与试验刺激是均能引起有效刺激的两种不同气味化合物，那么在条件刺激引起感受器电位和神经脉冲发放之后，试验刺激仍能引起感受器电位和神经脉冲，且两次刺激引起的感受器电位不相融合。把用作条件刺激与试验刺激的气味化合物倒置，仍出现上述不相适应的现象，如图 3 所示。上述现象表明，两种气味化合物分别兴奋不同类型的嗅觉感受细胞。

3 讨 论

本研究表明，在蓖麻蚕雄蛾触角的毛形感器中存在两个不同类型的嗅觉感受细胞，称为 AL－ 细胞和 AC－ 细胞。两种嗅觉感受细胞分别对其同种雌蛾性信息素系统的两个组分有特异的敏感性。但两种嗅觉感受细胞在毛形感器中不呈均匀分布，而是有很大的差异。在所记录的 45 个毛形感器中，对 $10^{-3}\mu g$ 的 E－4，E－6，Z－11－16: Al 敏感的有 42 个，约占 93%；而对 $10^{-1}\mu g$ 的 E－4，E－6，Z－11－16: Ac 有反应的只有3 个，约占 7%。从有效刺激的剂量也可看出，后者为前者的 100 倍，类似的现象在柞蚕、多音天蚕及棉铃虫等昆虫中也有发现[8,9]。已经知道，雌蛾腺体中性信息素系统中各组分的含量比与检测这些组分的嗅觉感受细胞在雄蛾触角的毛形感器中出现的频率相关。

参 考 文 献

1 Bestmann H J, Attygalle A B, Schwarz J, Garbe W *et al*. Identification and synthesis of female sex pheromone of Eri-silkworm, *Samia cynthia ricini* (Lepidoptera: Saturniidae), Tetrahedron Letters, 1989, **30**(22): 2911 ～ 2914

2 Tomida I. Ishii S. Sexpheromone of the Eri-silkworm moth, *Philosamia cynthia ricini* Donovan(Lepidoptera: Saturniidae), App. Ent. Zool. 1968, **3137**: 103 ～ 106

3 孟联忠，赵新宇，徐小星. 蓖麻蚕触角的结构和嗅觉感受细胞对化学气味物体的反应. 北京大学学报(自然科学)，1994, **30**(2): 224 ～ 232

4 Tomida I, Umeda I, Kudo I, Kayahara H. Preparation of four geometric isomers of 6, 11－Hexadecadienal and their flutter stimulating activities in the male Eri-silk moth, *Philosamia cynthia ricini*, Agric. Biol. Chem. 1986, **50**(8): 2143 ～ 2145.

5 Tomida I, Iwakoshi K, Kono S, Matsunga T T *et al*. Flutter stimulating activities on male Eri-silk moth, *Philosamia cynthia ricini*, Agric. Biol. Chem. 1989, **51**(3): 938 ～ 940

6 Kaissling K－E, Thorson J. Insect olfactory sensilla: structural, chemical, and electrical aspects of the functional organization. In: Sattele D B, Hall L M, Hildbrand J G. eds. Receptors for Neurotransmitters, Hormones and Pheromone in Insects, Amsterdam: Elsevier/Norta-Holland, 1980, 261 ～ 282.

7 Kaissling K－E, Hildbrand J G, Tumlinson J H. Pheromone receptor cells in the male moth *Manduca sexta*. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 1989, **10**: 273 ～ 279

8 Wu Caihong, Bestmann H J. Third olfactory receptor cell of short hairs of sensilla trichodea on *Antheraea polyphemus* and *A. pernyi*. Chinese Science Bulletin, 1989, 34(17): 1475 ~ 1480

9 吴才宏. 棉铃虫雄蛾触角的毛形感器对其性信息素组分及类似物的反应. 昆虫学报, 1993, 36(4): 385 ~ 389

PHEROMONE RECEPTOR CELLS IN THE ANTENNA OF THE MALE MOTH *PHILOSAMIA CYNTHIA RICINI* IN RESPONSE TO SEX PHEROMONE COMPONENTS

Wu Caihong Liu Qiyuan

(*College of Life Sciences, Peking University Beijing* 100871)

Abstract Two types of pheromone receptor cells have been identified by electrophysiological recording from single antennal sensilla trichodea of the male eri-silkworm moth *Philosamia cynthia ricini*. These cells responded best to the pheromone components E-4, E-6, Z-11-16: Al (AL-Receptor cell), which fire large spikes and E-4, E-6, Z-11-16: Ac (AC-cell), which fire small spikes. It was demonstrated that there were two types of olfactory receptor cell in one sensillum trichodeum by the selective adaptation.

Key words *Philosamia cynthia ricini*, sensillum trichodeum, single cell's recording, sex pheromone, selective adaptation